Anomalien an den Eiern von Echinodermen nach der Befruchtung

Prof. **S. L. Schenk,**

Vorstand am embryolog. Institute der Universität in Wien.

(Mit 4 Textfiguren.)

Die Bildungsanomalien waren seit jeher Gegenstand ausführlicher Untersuchungen und zu einer Zeit, wo man die Resultate exacter Forschungen auf dem Gebiete der Embryologie noch nicht in genügendem Masse zur Verfügung hatte, bildeten die Anomalien sogar den Ausgangspunkt zur Erforschung normaler Entwicklungsvorgänge. Allerdings hat man bei dieser Gelegenheit nicht ausser Acht gelassen, dass eben die Bildung einer Monstrosität nur unter bestimmten Bedingungen auftritt, und ihr Entwicklungsgang ein eigenartiger ist, der in jedem Falle besonders verfolgt werden sollte.

Die Ursachen der anomalen Bildungen sind auch von verschiedener Seite besprochen worden, und es reichen die Angaben dieser Art in der Litteratur weit zurück. Besonders beachtenswerth sind diejenigen, welche Réaumur machte, um die Wärme des Backofens oder des Düngerhaufens für die Landwirthschaft zu verwerthen. Bei diesen und ähnlichen anderen Versuchen ergaben sich Missbildungen verschiedener Art oder auch ein gänzliches Absterben des Embryos. Es wurden theils Temperaturschwankungen, theils Verstopfung der Poren der Eischalen als Ursachen der Bildungsanomalie geschildert, bald waren es Schwankungen im Feuchtigkeitsgrade, bald die von der Norm abweichende Stellung des Keimes bei verschiedener Lagerung des Eies, wodurch anomale Formen

als Folgen der Schädlichkeit auftraten. Die meisten dieser Versuche bezogen sich auf Veränderungen, welche am Vogelei bewirkt wurden.

Geoffroy-St. Hilaire[1] kannte nur mechanische Einflüsse, welche zur alleinigen Ursache von Bildungsanomalien werden sollen, während Bischoff die Anlage zur Missbildung in den Keim verlegte. Dareste[2] hatte Bildungsanomalien an Hühnerembryonen verfolgt und durch Behinderung der Respiration, indem er die Eischale mit Firniss, Leim etc. überzog, sogar ein Absterben des Embryos bewirkt. Panum[3] verfolgte die Entstehung der Missbildungen im Hühnerei unter Berücksichtigung der Doppelbildungen. Er ging in erster Linie auf die Bildungsanomalien der Keimscheibe ein und studirte die Veränderungen derselben, welche ohne eine Ausbildung des Embryos einhergehen. Panum lenkte besonders die Aufmerksamkeit auf eine Anomalie, die er als abortive Fruchthofbildung bezeichnet, und welche darin besteht, dass es aus der Keimscheibe zur Bildung von Bluträumen ohne Entwicklung des Embryos kommt. Diese Art der Umbildung wurde von Szymkiewicz[4] weiter verfolgt, und nachgewiesen, dass die entstehenden mit Blut gefüllten grösseren Räume, oder solche, welche kein Blut enthalten, Producte aus den Gefässanlagen sind, welche die aus der Keimanlage hervorgegangenen Organanlagen verdrängen, bis von diesen nur Reste zu beobachten sind, oder die letzteren gänzlich geschwunden und an ihre Stelle nur Gefässanlagen oder aus diesen hervorgegangene metamorphosirte Cysten getreten sind. Versuche dieser Art an Hühnerkeimen wurden auch von Schrohe[5] durchgeführt und der Einfluss derartiger Verletzungen auf die Entwicklung des Embryos studirt.

---

[1] Isidore Geoffroy-St. Hilaire: Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation chez l'homme et les animaux ou: »Traité de Teratologie«. Bruxelles, MDCCCXXXVII.

[2] Comtes rendues 1855, Gazette medicale 1856.

[3] Panum P. L.: »Untersuchungen über die Entstehung der Missbildungen zunächst in den Eiern der Vögel«; Berlin 1860.

[4] Szymkiewicz: »Lehre von den künstlichen Missbildungen Hühnerei«. Diese Sitzungsberichte, 1875.

Adam Schrohe: »Inaugural-Dissertation«. Giessen 1862.

Alle bisher angeführten Untersuchungen, sowie manche andere in ähnlicher Weise gemachte Studien, beschränkten sich auf die Ergebnisse, welche in Folge von Einflüssen entstanden waren, die sich auf einen bereits weiter in der Entwicklung vorgeschrittenen Keim geltend machten.

Zielbewusster gestalteten sich die mechanischen Einflüsse, welchen in neuerer Zeit Keime von Embryonen oder besser in der ersten Entwicklung begriffene Eier ausgesetzt wurden.

Man wählte hiezu eines der früheren Stadien und brachte in passender Weise Verletzungen an. Nach der fortdauernden Entwicklung erhielt man Ergebnisse, welche Schlüsse auf den ganzen Gang der Entwicklung zu machen gestatteten. Man begründete auf diese Weise eine in die Embryologie eingeführte Zweigwissenschaft, die sogenannte Entwicklungsmechanik, welche von Roux,[1] dem Meister des Faches, geschaffen wurde, und der man bisher bedeutende Erfolge zu danken hat, die aufklärend über den Entwicklungsgang wirkten.

Den Ausgangspunkt hierzu bildete der allgemein bekannte, von Roux angestellte Versuch am Froschei, wobei die eine der ersten Furchungskugeln angestochen und zerstört werden kann, worauf die andere unverletzte Kugel sich weiterfurcht und zur Bildung eines Halbembryos führt. Ja, die Entwicklungsvorgänge gehen weiter und es wird auch der Rest der verletzten Dotterkugel mit zum Aufbaue verwendet. Es waren diese Versuche eine experimentelle Grundlage für die Erklärungen über den Aufbau des Thierleibes und über die Stellung der ersten Furche zur Richtung der Medianebene des aus dem Ei sich entwickelnden Thieres. Man erblickte auch in dieser Thatsache die fundamentale Bedeutung der Furchungskugel und erkannte ihren Werth für den Aufbau des Körpers.

Ohne weiter auf die angeführten Versuche von Roux einzugehen und ihre hohe, grundlegende Bedeutung für die neuere Richtung in der Embryologie hier weiter zu rühmen, will ich noch auf einige Abhandlungen über Versuche, welche an Eiern anderer Thiere gemacht wurden, und die sich den Roux'schen

---

[1] Roux, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 1885. — Archiv für mikroskop. Anatomie, 1887. — Virchow's Archiv, 1888. — Anatomische Gesellschaft in Wien, 1892.

anreihen, näher eingehen. Die Untersuchungen von Driesch[1] über die Wirkung verschiedener Arten von Reagentien auf den Verlauf des Furchungsprocesses führten zu Schlüssen, die sich ergiebig für die Embryologie erwiesen. Driesch zerstörte durch Schütteln von Eiern von Seeigeln die Eimembran; die zwei ersten Furchungskugeln wurden isolirt, und jede einzelne der ersten Furchungskugeln, welche intact erhalten blieb, war im Stande, ihre Entwicklung bis zu einem gewissen Grade fortzusetzen. Wird der Zusammenhang zwischen den ersten Furchungskugeln nur theilweise gelockert, so entstehen Doppelbildungen — allerdings nur in frühen Stadien beobachtet —, die bei theilweiser Aneinanderlagerung auch mit einander verwachsen bleiben können. Driesch beobachtete auch, dass der Einfluss der Wärme bei den befruchteten Echinideneiern häufig Zwillinge, selten Vierlinge, Mehrlinge gar nicht zur Folge hatte. Nach diesem Autor sind die Furchungskugeln der Echiniden als ein gleichwerthiges Material anzusehen, welche man in beliebiger Weise durcheinander werfen kann, ohne dass die normale Entwicklung gestört wird.

Weitere Versuche dieser Art liegen uns von Chabry[2] über die Ascidien und von Vilson[3] über den *Amphioxus* vor. Bei den Ascidien war es möglich durch das Experiment nachzuweisen, dass die Organe in bestimmten Furchungszellen vorgebildet sind, und dass nach deren Zerstörung am entwickelten Embryo Organe ausfallen können.

Hertwig[4] ist in mancher Richtung durch Anstellung ähnlicher Experimente wie Roux zu anderen Ergebnissen gelangt. Er findet in der verletzten Furchungskugel am Eichen einen Anhang, welcher der normalen Entwicklung des unverletzten Eitheiles einen gewissen Widerstand entgegenzusetzen vermag, und der als Nahrungsmaterial verwendet werden kann.

Durch die Untersuchungen der verschiedenen Autoren, die in letzter Zeit auf dem von uns besprochenen Gebiete sich

---

[1] H. Driesch, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. 53 und 55. — Mittheilungen der zoolog. Station in Neapel, 1893.

[2] Chabry, Journal de l'anatomie et de la physiologie. Tome 23, 1887 Vilson: Journal of Morphologie. Vol. 8, 1893.

[4] Hertwig, Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. 39—42.

hervorragend beschäftigten, sind ganz entgegenstehende Resultate gewonnen worden und es scheint bei diesen Experimenten, wie es schon Bergh[1] hervorhebt, bedauerlich, dass fast jeder Experimentator eine Verallgemeinerung seiner Resultate anstrebt. Vielleicht werden nur wenige Thatsachen über Regeneration als allgemein giltige aufgenommen werden können, und sind die Unterschiede in Bezug auf die Fähigkeiten der ersten Zellproducte aus dem Ei schon ähnliche wie beim ausgebildeten Thiere. Man könnte wohl beim Frosche, beim Triton, bei dem *Amphioxus*, bei der Ascidie und beim Echinodermei auf manche Veränderungen kommen, die ja von hoher Wichtigkeit für das Verständniss des Entwicklungsganges bleiben, die wir aber bei den höheren Thieren noch nicht bestätigt finden können. Es erinnert dies daran, dass wir bei höheren Thieren die Ersetzung einer verlorenen Extremität nicht finden, während wir eine solche beim Flusskrebse häufig genug auftreten sehen.

Es sei hier noch angeführt, dass auch die Änderung der Concentration des Seewassers manchen Einfluss auf den Entwicklungsprocess nimmt,[2] und dass chemische Agentien von von bedeutender Wirkung auf die ersten Producte aus dem Ei sind.

Bei der Betrachtung der vorliegenden Mittheilungen schien es mir wichtig genug, die Anomalien bei den Vorgängen an den Eiern in den ersten Phasen ihres Lebens zu verfolgen und aus dem Verhalten des Eies und der Zellproducte, die aus dem Ei hervorgegangen, Einiges über deren Bedeutung für das Entwicklungsleben zu erfahren.

Die Untersuchungen wurden an künstlich befruchteten Eiern von Echinodermen angestellt, und zwar hatte ich zur Verfügung den *Toxopneustes* und den *Echinus microtuberculatus*. Die einzelnen Proben von sich entwickelnden Eiern wurden nicht direct auf den Objectträger zur Untersuchung gebracht, sondern auf einen Tropfen von Agar, der in eine passende Aushöhlung eines Objectträgers eingetragen wurde.

---

[1] Bergh R. S., Vorlesungen über allgemeine Embryologie. Wiesbaden, Kreidel's Verlag, 1895.

[2] Herbst C., Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie, Bd. 55. — Pouchet und Chabry. Comtes rendues de la société de Biol. 1889.

Dadurch waren die Eichen mehr vor der Wirkung einer Verdunstung der Untersuchungsflüssigkeit geschützt. Ferner, wenn ein Agar mit Seewasser bereitet war und die Eichen selbst auf dem Agar noch im Seewassertropfen sich befanden, war auf diesem durchsichtigen, die Beobachtung nicht beeinträchtigenden Nährboden jede mögliche Bedingung vorhanden, durch welche die Eier unter möglichst normalen Verhältnissen untersucht werden konnten. Man kann auch bei dieser Methode manche chemische Agentien dem Agar beimischen und dadurch die Reaction des Nährbodens verändern oder verschiedene anderweitige den Entwicklungsvorgang beeinflussende Substanzen (Alkaloide) beifügen, um deren Wirkungsweise zu erproben. Wenn auch bei der Anwendung dieser Methode ein Verdunsten von Flüssigkeit nicht vollständig vermieden ist, so ist dieselbe doch wesentlich durch die feuchte Unterlage des Agars reducirt, was noch besser dadurch erreicht werden kann, dass man diese Methode mit der Anwendung einer feuchten Kammer verbindet.

Nimmt man Eier von *Toxopneustes* und befruchtet diese künstlich im Seewasser, so begegnet man in den Fällen, wo mit den reifen befruchtungsfähigen Eiern noch andere aus dem Ovarium gelöst wurden, solchen, welche den Grad der Reife noch nicht besitzen, um durch die Befruchtung den Impuls zu ähnlichen Vorgängen zu erlangen, wie sie den reifen befruchtungsfähigen Eiern zukommen. An solchen Eiern kommen manche Vorgänge zur Beobachtung, mit denen ich meine Mittheilungen beginne.

Ein solches Ei zeigt seinen Kern und dessen Bestandtheile vollständig erhalten, nur liegt derselbe seitlich und stellt im frischen Ei ein rundliches, deutlich begrenztes, von einer Kernmembran umgebenes Gebilde dar. Die Eimembran umschliesst das Protoplasma, welches seinen Inhalt gleichmässig vertheilt enthält. Die sonst vorhandene mehr kugelige Gestalt des Eies geht bei den in der Reife zurückgebliebenen Eiern, die bei der künstlichen Befruchtung zugegen waren, bald verloren. Ihre Form bleibt wohl rundlich, ist aber bald nach dem einen, bald nach dem anderen Durchmesser mehr oder weniger aufgetrieben, wodurch die Kugelform beeinträchtigt ist. Diese Eiform

ist auch an den meisten grösseren kernhaltigen Eiern im Ovarium des Thieres zu beobachten. Es trifft weniger bei den grösseren, in der Mitte der Eiröhren liegenden Eiern, als bei den mehr wandständig befindlichen zu.

Die frischen Eier können auch bald die Contouren ändern, was zumeist bei den aneinander liegenden Eichen leicht bewirkt wird, dagegen seltener bei den einzelnen isolirten Eiern zu sehen ist. Es scheint, dass häufig durch die gegenseitige Berührung von dicht aneinander gereihten Eiern eine derartige Formänderung angeregt wird. Wenn man die Eichen, mögen sie im Ovarium liegen oder von demselben isolirt sein, in Härtungsflüssigkeiten verschiedener Art bringt, so können solche Formen auch dauernd conservirt werden. Die Änderung der Rundung des Eies ist auch unter dem Mikroskope zu beobachten und geht durch eine selbständige, dem jungen Ei innewohnende Bewegungseigenthümlichkeit vor sich, die aber in einem ziemlich erhöhten Grade nach dem Einflusse der künstlichen Befruchtung verstärkt erscheint. Diese Eigenschaft besitzen auch diejenigen Eichen, welche den Reifegrad zur Befruchtung nicht im vollen Masse erreicht haben. Bei solchen Eiern ist noch deutlich der wandständige Eikern vor der Befruchtung mit allen seinen Bestandtheilen erhalten.

An derartigen Eiern zeigen sich, ebenso wie an allen anderen im Gesichtsfeld befindlichen Eiern, nach der Befruchtung die Spermatozoen in radiärer Richtung gelegen. Nur an dem Theile des Umfanges, der vom Kerne mehr absteht, sind die Spermatozoen dichter angehäuft. Manchmal kann auch diese Stelle die einzige sein, der die Spermatozoen anliegen, während sie an dem übrigen Umfange fehlen. Ein solches Ei ist in umstehender Figur (Fig. 1) abgebildet, welches zwei Stunden nach der Befruchtung an einem Abschnitte des Umfanges Fortsätze aussendet, die über das Niveau des Protoplasmas hinausragen. Die Fortsätze sind in auffälliger Weise nur an jenem Eiabschnitte zu sehen, wo die Spermatozoen in grösserer Menge dem Ei anhaften. Dies ist hier an jenem Theile der Fall, welcher nicht den wandständigen Kern birgt. Am Protoplasmatheile um den letzteren ist alles im Zustande der Ruhe. Auch der Kern zeigt keine Veränderung.

Nach einiger Zeit lässt das Ei an der Stelle, an welcher die Spermatozoen anhaften, bald Retractionen, bald Vortreibungen von körnchenfreier Protoplasmamasse beobachten, die sich aber, soweit meine Beobachtungen reichen, nicht an dem Theile des Eidotters erkennen liessen, welcher den Kern birgt. Zu gleicher Zeit waren drei und mehrere Vortreibungen zu sehen, die variabel in der Form und in der Grösse erschienen. Diese Art der Bewegungsform spielte längere Zeit an den zur Befruchtung unreifen Eiern fort, ohne dass es mir gelungen wäre, abgeschnürte Stücke von solchem Eiprotoplasma zu sehen. Dauerte aber diese Bewegungsart längere Zeit an, so

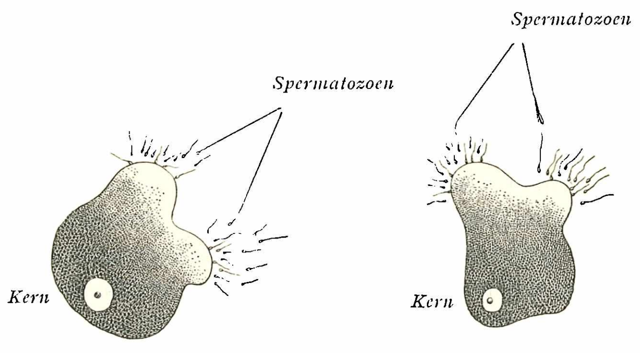


Fig. 1.

waren auch Körnchen von Protoplasma in das Innere der Fortsätze gelangt. Noch war das Ei auf unserem Nährboden fähig, alle die geschilderten Bewegungen fortzusetzen, nach Zusatz eines Tropfens frischen Seewassers wurden aber bald die Bewegungserscheinungen eingestellt, und das Ei trat in den Zustand der Contraction. Seine Fortsätze waren rasch eingezogen, und das Protoplasma bildete eine runde contrahirte Masse, die um den Kern gleichmässig vertheilt war. Hierauf stellten sich jedoch die Bewegungen abermals ein.

Die Erscheinung der Bewegung an reifen Eiern wurde bereits wiederholt an verschiedenen Thieren beobachtet, und man sah seiner Zeit solche beim Forellenei (Stricker) als Vorläufer des Furchungsprocesses an. In unserem Falle kann von einer ähnlichen Bewegung, wie sie dem Furchungsprocesse vorausgehen sollte, kaum die Rede sein, da ein derartiges Ei

überhaupt noch nicht den Reifegrad erlangt hat und vorbereitet ist, um sich furchen zu können. Das unreife Ei zeigt in diesem Falle Bewegungen, welche durch den Einfluss der Spermatozoen verstärkt werden, und welche man an den Eiern in den Ovarialstücken, die frisch in derselben Weise der Beobachtung unterzogen werden, nicht sehen kann.

Diese Erscheinung, welche sich wesentlich dadurch kundgibt, dass sie an Stellen der Eicircumferenz sich zeigt, wo die Spermatozoen dauernd und dichter anhaften, erinnert an die Eigenthümlichkeit der reifen Eier, die vor dem Eintritte der Spermatozoen einen sogenannten Empfängnisshügel zeigen, und dies um so mehr dadurch, dass die in Form von Vorragungen über das Niveau des Protoplasmas entstehenden Fortsätze ähnlich dem Empfängnisshügel frei von jeder Körnchenmasse sind. Nur manifestirt sich hier die Anomalie der Formation der Empfängnisshügel an der Stelle der in radiärer Richtung angehäuften Spermatozoen dadurch, dass zunächst sich nicht nur ein Empfängnisshügel bildet, sondern dass gleichzeitig deren mehrere auftreten und zuweilen eine unregelmässige Form annehmen, ja sogar dieselbe bedeutend variiren. Ferner besitzen diese Empfängnisshügel nicht die Fähigkeit, eine Aufnahme von Spermatozoen zu ermöglichen, was noch wahrscheinlich durch die Eigenthümlichkeit der Eimembran verhindert werden mag, da dieselbe für den Durchgang der Spermatozoen weniger geeignet ist, als die des reifen, ausgebildeten Eies. Diese eine Erscheinung erinnert an ähnliche, welche an den Eiern der Säugethiere beobachtet wurden, dass nämlich die das Ei umgebenden Elemente aus dem discus proligerus beim reifen Ei lockerer durch die Zwischensubstanz mit einander vereinigt sind, als dies bei den minder reifen Eiern der Fall ist (Schenk).[1] Deshalb werden die ersteren leichter durch die Bewegung der umgebenden Spermatozoen von der Oberfläche der Zona pellucida gänzlich entfernt.

Es ist aus den geschilderten Beobachtungen am Echinodermenei ersichtlich, dass die Bewegungsformen, welche das nicht gereifte Ei zeigt, analog denen sind, die man beim reifen

[1] Mittheil. aus dem k. k. embryol. Institute in Wien. 1878.

Ei vorfindet. Nur wird beim reifen Ei ein Befruchtungshügel regelmässig an einer umschriebenen Stelle auftreten, ja sogar eine gewisse Form besitzen, welche sich constant wiederholt, während bei unseren anormalen Vorgängen im Ei die entstehenden dem Empfängnisshügel analogen Gebilde anfangs dem Empfängnisshügel ähnlich sind, später aber in der Gestalt bedeutend variiren und zumeist in grösserem Masse über die Oberfläche hervorragen und in grösserer Zahl auftreten.

Bei fortgesetzten Beobachtungen an ähnlichen Gebilden zeigte sich, dass die Eier in den meisten Fällen, wo sie noch nicht den vollen Grad der Reife zur Befruchtung erlangt haben, doch schon die Fähigkeit in sich besitzen, noch anderweitige Entwicklungsvorgänge in unregelmässiger Weise durchzuführen, die den in früheren Stadien beim normal sich entwickelnden Ei analog sind.

Man kann an manchen Eiern, die deutlich noch die anatomischen Bestandtheile des unbefruchteten Eies besitzen, also einen runden Kern mit Kerninhalt enthalten, Vorgänge beobachten, welche denen ähnlich sind, die sich bei der Bildung von Richtungskörperchen zeigen. Eier von *Echinus* mit Farbstofftheilchen im Protoplasma weiter auf später auftretende Veränderungen in der oben beschriebenen Weise geprüft, zeigten, dass Stücke von Protoplasma weit über das Niveau des Eirandes vorgetrieben werden. In diese Vorragungen reicht mit dem Protoplasma auch ein Theil der Farbstoffpartikeln hinein. Die Eimembran zeigt zugleich einen hohen Grad von Dehnbarkeit. Sie wird bei derartigen Vorgängen nicht selten zerrissen, wobei aber die Eimasse im Zusammenhang bleiben kann und bei vorsichtiger Behandlung die an ihr auftretenden Veränderungen weiter verfolgt werden können. Beistehende Figuren (Fig. 2) sind die Abbildungen der aufeinanderfolgenden Veränderungen, welche dasselbe Ei zeigt, und die sich denen anreihen lassen, welche der Abschnürung der Richtungskörperchen entsprechen. Man beobachtet in I—IV, dass von dem Theile des Protaplasmas, welches gegenüber der Stelle, die den Kern des Eies birgt, liegt, Stücke weit über die Eioberfläche hinausragen, die anfangs mit der Eimasse noch theilweise in Verbindung stehen, sich aber bald von derselben

loslösen. Die losgelösten Stücke können bei farbstoffhaltigen Eiern auch einige Farbstoffpartikeln enthalten. Constant treten diese Abschnürungen an jenen Stellen auf, welche dem Abschnitte des Eies entsprechen, der dem runden Eikerne des unbefruchteten Eies gegenüberliegt. Schon während das Stück, welches als Richtungskörper bezeichnet wird, vom Eiprotoplasma sich loslöst, wie dies in Fig. IV ersichtlich ist, beobachtet man, dass das Richtungskörperchen sich theilt, und dadurch aus der ganzen Protoplasmamasse drei Stücke gebildet werden, von denen die Eimasse, wie auch bei den normalen Vorgängen der Eireife, stets das grösste Stück ist.

Während man sonst bei den nicht parthenogenetisch sich entwickelnden Eiern zwei Richtungskörperchen austreten sieht,

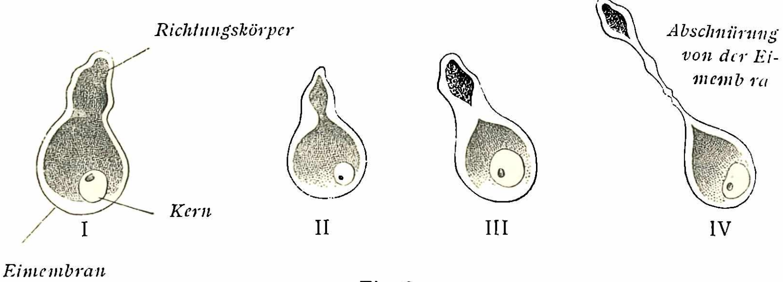


Fig. 2.

beobachten wir in unseren Fällen, dass nur ein solches Stück sich abschnürt, wie dies III zeigt, welches (IV) abermals in zwei Stücke sich theilt, die noch, solange sie mit dem Ei in Verbindung stehen, hintereinander in einer Axe liegen. Bei diesem Vorgange ist der Kern des Eies in keiner Weise betheiligt. Nur will ich hier die einzig auffallende Erscheinung hervorheben, die ich deutlich beobachtet habe, dass ein im Kerne besonders markirtes Gebilde Bewegungserscheinungen in der Weise erkennen liess, dass es an der Stelle, wo es zu liegen kam, rotirte und eine schwache Verschiebung dabei erlitt, eine Bewegung, die nur kurze Zeit andauerte und unter Anderem in einem Falle deutlich gesehen wurde. Die Zeit für die Beobachtung einer derartigen Bewegung war nur sehr kurz bemessen, war aber doch ausreichend, um eine bestimmte Beobachtung zu ermöglichen.

Nach kurzer Zeit hat sich das Richtungskörperchen gänzlich vom Ei losgelöst und, wenn die Membran zerrissen war, zeigte es noch selbstständig Formänderungen wie das Ei selbst. War die Membran entfernt, während sich der Process der Abschnürung vollzog, so sah man deutlich, dass bei der Abschnürung zuerst der körnige Antheil des Richtungskörperchens sich loslöst, während der durchsichtige Theil des Protoplasmas noch als eine perlschnurartige, sehr zarte Verbindung erscheint, die mit starker, 400—500facher, Vergrösserung zu sehen ist. Dieser Strang besitzt einen derart hohen Brechungsindex, dass er nur mit Hilfe einer passenden Beleuchtung gesehen werden kann. Wenn die Loslösung dieser letzten Verbindung eintritt, so sieht man, dass ein grösserer Theil dieses perlschnurartigen Stranges sich rasch zurückzieht und mit der Eimasse verschmilzt, während der kleinere Theil in die Richtungskörpermasse übergeht.

Beide Theile, welche aus dem Ei entstanden sind, können sich aneinanderlagern und längere Zeit im Ruhezustande verweilen, oder sie werden von einander entfernt, worauf das Ei noch manche Bewegungen durchmacht, um bald als abgestorben in der Flüssigkeit suspendirt zu bleiben.

Die entstandenen Richtungskörperchen oder Polzellen verdienen ihren Namen nur dadurch, dass sie an der Stelle am Ei entstehen, wo man sonst dieselben bei dem Reifen des Eies entstehen sieht. Das Ei, welches seine volle Fähigkeit noch nicht erlangt hat, aus dem Kerne Theile zu eliminiren, um befruchtungsbedürftig (Weismann) zu werden, oder, wie wir auch sagen können, noch nicht reif zur Umbildung in ein Oosperm geworden ist, hat nur Stücke des Protoplasmas bei der sogenannten Bildung der Polzellen abgeschnürt, ohne dass man in dieselben Bestandtheile des Eikerns übergehen sehen kann. Hiedurch unterscheiden sich wesentlich die am nicht reifen Ei gebildeten sogenannten Richtungskörperchen von denen, die bei der Eireife auftreten.

Das Protoplasma eines minder reifen Eies kann zu den Bildungsvorgängen, die zur Eireife führen, wohl geeignet sein, allein der am Kerne nothwendige Entwicklungsgrad ist in diesen Fällen noch nicht

eingetreten, daher ein solches Ei dadurch, dass es den Verlust eines Theiles des Eikernes noch nicht erlitten hatte, nicht befruchtungsbedürftig geworden ist.

Die Eier dieser Art haben die vollen Eigenschaften der minder reifen Eier in einem Masse beibehalten, dass man an ihnen die Bewegungsfähigkeit beobachten konnte, wie sie an den zuerst beobachteten Eiern wahrnehmbar ist. Dazu kommt aber noch die Eigenschaft des Protoplasmas, sich in Form von unvollständigen Richtungskörpern abzuschnüren, ohne dass hiemit das Ei zur normalen Befruchtung genügend vorbereitet wäre. Es ist somit das Auftreten des Empfängnisshügels und das Abschnüren von Theilen des Protoplasmas die Grenze der Fähigkeit, die dem Ei von den Vorgängen der Entwicklung innewohnt, welche an normal sich entwickelnden Eiern zu verzeichnen sind. Mit dieser Thätigkeit schliesst das Ei sein Leben ab und es kann dieser Fall als ein abortiver der jüngsten Stadien bezeichnet werden.

Da ich bei Parallelversuchen ohne Befruchtung keine ähnlichen Vorgänge verzeichnen konnte, wie an den künstlich befruchteten Eiern, so erblicke ich hierin keine parthenogenetischen Vorgänge, sondern sehe mich genöthigt, einen Theil dieser bisher geschilderten Erscheinungen, welche das minder reife Ei durchmacht, auch zum guten Theile einem Einflusse der Spermatozoen zuzuschreiben.

Von künstlich befruchteten Eiern, welche reif zur Befruchtung waren, und an denen man auch ihre ersten Veränderungen bei der Conjugation und bei der Furchung deutlich ausgesprochen fand, wurden einige auf Glycerinagar gebracht und in derselben Weise untersucht, um auf manche anomale Eigenschaften, die in den ersten Furchungskugeln, den Descendenten des Oosperms, auftraten, die Aufmerksamkeit zu lenken. Am Zweizellenstadium zeigte es sich bald, dass nach Einwirkung unseres Agens bei sonst normalen Verhältnissen jede Furchungskugel einen Rückfall ihrer Eigenschaften bis zu den ihrer Eltern erleidet, ohne vollständig die ihr innewohnende Fähigkeit, sich weiter zu theilen, einzubüssen. Jedoch wird diese dabei bis zu einem gewissen Masse abgeschwächt. Wenn also von dem Zweizellen- oder Vierzellen-

stadium der Entwicklungsgang weiter fortschreitet, wird diese Fähigkeit keine der Norm vollständig entsprechende bleiben, sondern dadurch, dass z. B. die Eigenschaften der Reife, wie sie am ganzen Ei zu beobachten sind, an den Furchungskugeln sich wiederholen, wird gleichsam eine Verschiebung der Gleichgewichtslage an allen Theilen der Zelle stattfinden, die sie nicht mehr zu den normalen Vorgängen befähigt, und das Ei muss in diesem Stadium anomal werden, da andere Effecte der Entwicklung zum Vorscheine kommen müssen, welche den anomalen beigezählt werden. Nicht nur das Ei, sondern auch die Furchungskugeln im Zweitheilungs- und im Viertheilungsstadium besitzen diese Fähigkeit, und wenn bei diesen die Eigenschaften des Eies der vorausgehenden Entwicklungsstadien auftreten, so werden

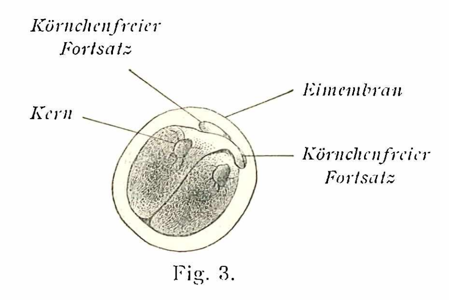


Fig. 3.

die Fähigkeiten der Furchungskugel zur Weiterentwicklung in den Hintergrund treten und endlich bis auf ein Minimum reducirt werden, oder gänzlich verschwinden.

Wir wollen nun zur Schilderung der Erscheinungen folgenden Versuches übergehen. Im Zweizellen-Stadium (Fig. 3) befindliche Eier zeigen, auf unseren Nährboden gebracht, nach kurzer Zeit der Beobachtung an einem genau bestimmten Theile ihrer Oberfläche kurze körnchenfreie Fortsätze, welchen auch bald Körnchen aus der Zellmasse nachrücken. Die Vorsprünge über das Niveau können sich wegen der umgebenden Membran nicht in einer beliebigen Richtung erstrecken oder mit ihrer Hauptmasse geradlinig hinausragen. Daher legten sich die Fortsätze der beiden ersten Furchungskugeln, die zumeist nach einwärts in der Richtung zur Halbirungsebene des Eies ziehen, über einander und kreuzten sich. Da die Eimembran und auch die benachbarte Furchungskugel ein Hinderniss boten, so blieben

die Fortsätze immer in derselben Richtung, ohne etwa, wie das sonst bei Bewegung des Protoplasmas zu sehen ist, bei Retractionen und abermaligen Aussenden ihre Grösse und Richtung zu ändern. Wenn eine Retraction stattfand, so wurde dieselbe nur theilweise durchgeführt und erreichte nicht die Oberfläche der Furchungskugel. Nur durch Zusatz von Seewasser trat vorübergehend eine stärkere Retraction auf, ähnlich wie wir dies am ganzen Ei beobachten konnten. Blieb aber ein solcher Fortsatz längere Zeit bei beiden Furchungskugeln erhalten, so waren die Fortsätze in die Länge gezogen und kreuzten sich immer mehr, bis sie im Verlaufe der Beobachtung derart gelagert waren, dass der Fortsatz der einen Furchungskugel an die Circumferenz der anderen sich anlegte. (Fig. 3.)

Dieses Prominiren von Protoplasma über die Oberfläche der Furchungskugel stellte sich nach meinen Beobachtungen constant an jener Stelle der beiden ersten Furchungskugeln ein, welche dem aboralen Pole des Eies entspricht. Dies zeigte sich an einem Ei, wo die Bildung der ersten zwei Furchungskugeln nur bis zur Hälfte durchgeführt war, wo also die Trennungslinie nur bis zur Mitte zu sehen war.

Es scheint also jene Stelle, an der der Empfängnisshügel entsteht, auch bei den Furchungskugeln Reizen gegenüber empfindlicher zur Fortsatzbildung zu bleiben. Dies muss umsomehr auffallen, als die Furchungskugel an keiner anderen Stelle ihres Umfanges — wie dies auch die andauernden Beobachtungen vollinhaltlich bestätigen — bei der gleichen Behandlungsweise die Fähigkeit zu besitzen scheint, Fortsätze auszusenden.

Da die Fortsätze an einer bestimmten Stelle auftreten, die derjenigen correspondirt, welche am ungefurchten Ei die Besamungsstelle darstellt, so erblicken wir hierin auch bei den ersten Furchungszellen das Auftreten einer körnchenlosen Prominenz, wie sie als Empfängnisshügel am reifen Ei bekannt ist. Nur wird bei der Furchungskugel in unseren anomalen Verhältnissen des Eies die entsprechende Prominenz höher und entfernt sich dadurch mehr von der Oberfläche der Zelle als der Empfängnisshügel am ganzen Eichen und zeigt dadurch eine anomale Gestaltung, wobei aber die Ähnlichkeit nicht zu

verkennen ist. Es hat demnach die Furchungskugel als Descendent die Eigenschaft der Mutterzelle noch beibehalten, die unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht zum Vorschein kommt und nur in Folge der Änderung der normalen Verhältnisse auftritt. Da nun diese ererbte Eigenschaft sich in einem stärkeren Masse an der Furchungskugel äussert, als wir sie am ganzen Ei beobachten, so büsst diese dabei einen grossen Theil der ihr innewohnenden Eigenthümlichkeit, die zu weiteren Entwicklungsvorgängen führt, ein und der volle Entwicklungsgang wird in diesem Falle ernstlich gestört. Dieses in Entwicklung stehende Individuum lässt zuweilen noch einen unregelmässigen Theilungsvorgang erkennen und stirbt dann als Abortivei ab.

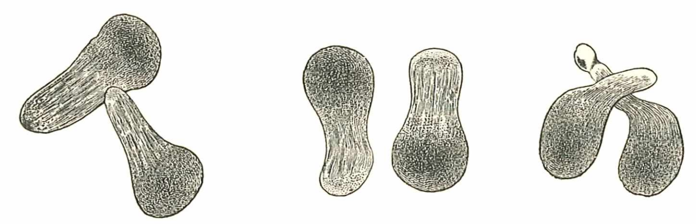


Fig. 4. (Zweizellen-Stadium ohne Eimembran.)

Ähnliche Erscheinungen lassen sich auch am Vierzellen-Stadium und an Furchungskugeln späterer Stadien erkennen, und es treten hiebei auch Rotationen der einen oder der anderen Furchungskugel auf.

Nur selten waren die geschilderten Fortsätze am Zweizellen-Stadium derart gestellt, dass sie sich bei ihrer Verlängerung nicht kreuzten, sondern nach aussen von der Trennungsebene umbogen. Sie werden aber unter diesen Umständen nie die Länge erreichen, wie in den häufiger auftretenden, früher geschilderten Fällen.

Das Auftreten von Fähigkeiten der Ahnen bei den Descendenten, wodurch ein abnormer Vorgang eingeleitet wird, lässt sich an den beiden ersten Furchungskugeln noch beobachten, wenn sie von der Eimembran zufällig befreit sind und nebeneinander liegen (Fig. 4). Bei diesen lässt sich auch an dem Process der Bildung des Conceptionshügels noch ein

Vorgang beobachten, der einer Formation von Richtungskörpern entspricht. Die beiden Furchungskugeln liegen von der Eimembran befreit im Gesichtsfelde. An beiden beobachtete ich nicht den Process der weiteren Theilung, wie man ihn in der Mehrzahl der Fälle zu Gesichte bekommt. Hier zeigte sich vielmehr, dass nach einer Richtung, die in der Axe vom aboralen zum oralen Pole liegt, eine Verlängerung der Furchungskugel stattfindet. Dieselbe wird aber nicht durch eine Äquatorialfurche in zwei Hälften getheilt, sondern es schnürt sich ein kleineres Stück an der verlängerten Stelle des oralen Poles ab, in welches auch Theile des Kernes übergehen, was aus der gestreiften Anordnung der Kernbestandtheile ersichtlich ist. Das grössere zurückgebliebene Stück enthält noch die Hauptmasse des Kernes. Nicht selten sind auch solche von der Eimembran befreite erste zwei Furchungskugeln im Stande, die Vorgänge zur Bildung von Richtungskörperchen zu zeigen, besitzen jedoch nicht die Fähigkeit, es zur vollständigen Abschnürung zu bringen, obgleich der sich retrahirende Vorsprung abermals von den Furchungskugeln vorgestossen wird. Hört dieser Process auf, so zeigt sich das Ei im contrahirten Zustande und stirbt so als Abortivei ab. An solchen Furchungskugeln beobachtete ich nicht selten mehrere Kerne, soweit sie in Folge ihrer Helligkeit im frischen Protoplasma ohne Einfluss von Reagentien beobachtet werden können. Auch die isolirten, von der Eimembran befreiten Furchungskugeln besitzen noch Eigenschaften der Eimutterzelle, aus der sie hervorgegangen, die aber nie regelmässig selbstständig hervortreten und nur dann sich bemerkbar machen, wenn durch gewisse Einflüsse, welche im Ei einen abnormen Vorgang hervorrufen, eine Anregung hiezu gegeben wird. I n d e m M a s s e, a l s d i e s e E r s c h e i n u n g e n i n d e n V o r d e r g r u n d t r e t e n, w e r d e n d i e F ä h i g k e i t e n i n d e n F u r c h u n g s e l e m e n t e n, d i e z u m n o r m a l e n P r o c e s s b e i d e r E n t w i c k l u n g f ü h r e n, z u r ü c k g e d r ä n g t, u n d h i e r i n l i e g t d i e U r s a c h e z u r A n o m a l i e i n d e r E n t w i c k l u n g. Die Zelle selbst wird derart verändert, dass das Gleichgewicht der ihr innewohnenden Eigenschaften, die zum normalen Bildungsprocesse führen, durch das kräftigere Vortreten der von ihren nächsten Ahnen ererbten Eigenschaften

in auffallender Weise gestört wird. Treten aber diese Eigenschaften in höherem Grade auf, so büsst das Ei seine Fähigkeit sich weiter normal zu entwickeln ein und es hört die Lebensthätigkeit der Zelle auf. Es ist dann als Abortivei abgestorben. Diese Annahme, die durch eine Reihe von Beobachtungen gestützt wird, bezieht sich nicht nur auf ein ganzes Ei, sondern auch auf die Furchungskugeln und, wie die weiteren Mittheilungen über diesen Gegenstand eröffnen sollen, auch auf die kleineren aus diesen hervorgegangenen Elemente.